

TELEROBOT DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA TRANSMISI TCP/IP

Tommy Tantra¹⁾, Antonius Wibowo²⁾
E-mail : scout_rifleman@yahoo.com, w_antonius@hotmail.com

ABSTRAK

Aplikasi pengendalian dari jarak jauh yang dikenal dengan nama teleoperasi mengacu pada sebuah sistem pengoperasian peralatan dari jarak jauh. Ini merupakan teknologi yang berhubungan dengan interaksi manusia dengan sistem dari jarak yang jauh. Dalam sebuah sistem teleoperasi, terdapat dua buah komponen utama yang harus dipersiapkan. Yakni bagian pengendali lokal (local site) dan bagian pengendali sisi jauh (remote site). Pengendali lokal dengan operator yang diwujudkan dalam bentuk sebuah komputer yang terhubung dengan peralatan yang dikendalikan dengan media transmisi tertentu. Pada penelitian ini digunakan media transmisi gelombang radio berbasis TCP/IP. Telerobot adalah suatu robot yang dikendalikan dari jarak jauh. Telerobot Menggunakan Media Transmisi Berbasis TCP/IP adalah suatu robot yang dikendalikan dengan menggunakan media transmisi berbasis TCP/IP untuk pengiriman datanya. Robot yang dikendalikan adalah tipe berpenggerak mandiri roda rantai (track wheel self propelled) yang digerakkan oleh sepasang motor DC dan mengusung sejumlah perangkat. Perangkat yang diusung adalah IP camera. IP camera tersebut diusung di atas chassis robot dan memiliki sumbu horizontal maupun vertikal sirkular untuk mengatur sudut pandang. Semua sistem gerak pada robot dikendalikan oleh suatu mikrokontroler yaitu seri AVR. Pada bagian pengendali lokal, digunakan kontroler playstation sebagai human interface-nya. Data visual dikirimkan oleh IP camera dan ditampilkan di layar monitor komputer pengendali.

Kata kunci: telerobot, mikrokontroler, AVR, wireless camera, motor DC, motor servo, internet

PENDAHULUAN

Teknologi teleoperasi telah mendapat perhatian sejak lama, namun teknologi teleoperasi berbasis TCP/IP mengalami perkembangan yang pesat serta populer dewasa ini. Penyebabnya adalah perkembangan jaringan internet yang berlipat di seluruh dunia dan keunggulan media internet yang tidak dimiliki transmisi lainnya, yaitu cakupannya yang telah menjangkau hampir seluruh dunia. Teknologi teleoperasi tersebut menawarkan berbagai manfaat, di antaranya ketiadaan campur tangan manusia secara langsung pada perangkat yang dioperasikan. Hal ini dibutuhkan dalam beberapa pekerjaan, misalnya suatu pekerjaan yang terlalu berbahaya bagi manusia. Seperti mengamati suatu kawasan dengan resiko runtuhnya atau ledakan tinggi. Ataupun juga suatu kawasan dengan tingkat kontaminasi tinggi. Dalam kasus lain, jarak yang jauh (lintas negara) juga menjadi salah satu kendala. Di sini, diperlukan suatu alat berpenggerak mandiri yang dapat dikendalikan dari jarak jauh untuk melakukan suatu pekerjaan.

TINJAUAN PUSTAKA

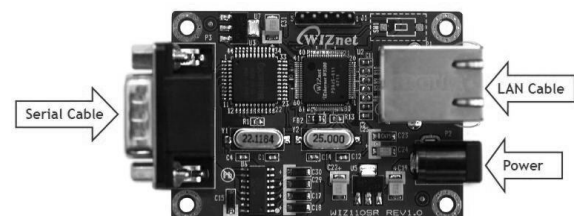
IP module WIZ110SR

IP module WIZ110SR adalah modul yang mampu mengubah TCP/IP menjadi protokol

serial RS-232, atau sebaliknya. Aplikasi umum dari modul ini adalah untuk telemetri maupun teleoperasi perangkat yang memiliki antarmuka RS-232 melalui jaringan Ethernet. Keunggulan modul ini antara lain:

- Koneksi langsung dengan perangkat serial dengan konfigurasi serial yang mudah.
- Mendukung koneksi PPPoE.
- Konfigurasi modul melalui software via OS Windows.
- Memiliki fitur keamanan dengan password.
- Antarmuka Ethernet 10/100 dengan kecepatan serial sampai dengan 230kbps.

IP module WIZ110SR disajikan pada Gambar 1 dan diagram blok WIZ110SR disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. IP module WIZ110SR

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya



Gambar 2. Diagram Blok WIZ110SR

Penjelasan tiap blok dari Gambar 2 sebagai berikut:

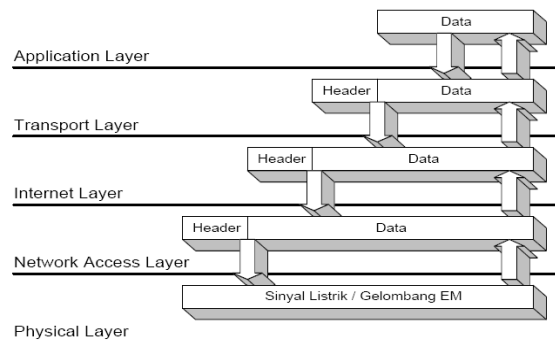
1. RJ-45 & transformer
RJ-45 adalah konektor standar pada perangkat *ethernet* dan memiliki 8 konektor. Konektor yang terdapat pada modul WIZ110SR adalah *female connector*.
2. W5100
Ketika data diterima dari konektor RJ45, *chip* W5100 akan menyimpan data tersebut di *buffer*, mengolah sesuai protokol dan mengirimkan data dalam bentuk serial pada MCU 8051. Ketika data serial diterima dari MCU 8051, *chip* W5100 akan mengolah data tersebut sesuai dengan protokol dan mengirimkannya ke konektor RJ45.
3. MCU 8051
MCU 8051 mengontrol data dari *chip* W5100 maupun dari konektor serial sesuai dengan konfigurasi *user*.
4. DB9
DB9 adalah konektor standar pada perangkat serial RS-232. Konektor pada modul WIZ110SR adalah *male connector*.

TCP/IP merupakan suatu *protocol suite* yang digunakan untuk mengirim data antar komputer di dalam jaringan tanpa batasan perangkat keras maupun perangkat lunak^[1]. Protokol ini biasa digunakan untuk pengiriman data, informasi maupun kendali di dalam jaringan komputer. *TCP/IP* terdiri atas beberapa lapisan (*layer*), yang mana tiap lapisan secara spesifik mengerjakan apa yang menjadi tugasnya tanpa terkait dengan tugas lapisan yang lain. Oleh *International Standart Organisation (ISO)*, telah ditetapkan suatu konsep standar untuk arsitektur jaringan komputer yang dikenal dengan nama *Open System Interconnection (OSI)*. OSI terdiri atas 7 lapisan, sementara *TCP/IP* hanya terdiri atas 5 lapisan. Namun, seluruh fungsi dari lapisan OSI telah tercakup dalam *TCP/IP*. Perbandingan antara OSI dengan *TCP/IP* disajikan pada Tabel 1 dan gambaran lapisan pada OSI dan lapisan pada *TCP/IP* disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1. Perbandingan Antara OSI dengan TCP/IP

Application	Application
Presentation	
Session	
Transport	Transport
Network	Internet
Data link	Network
Physical (hardware)	Physical (hardware)
OSI model	TCP/IP model

Lapisan-lapisan dalam *TCP/IP* menggambarkan fungsi-fungsi dan protokol dalam komunikasi antara 2 buah komputer. Setiap lapisan menerima data dari lapisan di atas atau di bawahnya, kemudian memproses data tersebut sesuai fungsinya dan meneruskannya ke lapisan berikutnya. Untuk tiap data, tiap lapisan memiliki *header* sendiri sesuai dengan fungsinya. Pemberian *header* pada masing-masing lapisan disebut sebagai proses enkapsulasi.



Gambar 3. Proses Komunikasi Data Antar Lapisan TCP/IP

Fungsi tiap lapisan pada *TCP/IP* dapat dijelaskan sebagai berikut,

1. Physical (hardware)

Lapisan ini merupakan lapisan terbawah dalam *TCP/IP*. Lapisan ini mendefinisikan besaran fisik suatu media komunikasi seperti: tegangan, arus maupun gelombang radio. Bentuknya dapat bervariasi tergantung pada media jaringan dan bersifat fleksibel sehingga dapat mengintegrasikan jaringan dengan berbagai media fisik yang berbeda.

2. Network

Lapisan ini bertugas mengatur penyaluran data yang akan dikirimkan pada media fisik. Lapisan ini menjaga reliabilitas data yang akan dikirimkan. Pada lapisan ini, dilakukan deteksi dan koreksi kesalahan pada tingkat bit.

3. Internet

Lapisan ini mendefinisikan bagaimana dua pihak dapat berhubungan walaupun berada pada jaringan yang berbeda. Pada jaringan

internet yang terdiri atas puluhan juta *host* dan ratusan ribu jaringan lokal, lapisan ini bertugas untuk menjamin agar suatu paket yang dikirimkan dapat menemukan tujuannya. Lapisan ini memiliki peranan penting, terutama dalam mewujudkan *internetworking* yang meliputi wilayah yang luas (*world wide internet*). Beberapa tugas penting pada lapisan ini adalah sebagai berikut:

- *Addressing*, yaitu melengkapi tiap data dari alamat internet dari tujuan, yang dikenal dengan nama *Internet Protocol Address*. Oleh karena pengalamatan berada pada level ini, maka jaringan *TCP/IP* tidak tergantung pada jenis media maupun komputer yang digunakan.
- *Routing*, yaitu menentukan ke mana data dikirim agar mencapai tujuannya. Fungsi ini merupakan fungsi terpenting dalam *Internet Protocol*. Sebagai protokol yang bersifat *connectionless*, proses *routing* sepenuhnya ditentukan oleh jaringan. Pengirim tidak memiliki kendali terhadap paket yang dikirimkan untuk bias mencapai tujuannya. *Router-router* di dalam jaringan yang sangat menentukan dalam penyampaian data dari pengirim ke penerima.

3. Transport/Network

Lapisan ini menjamin reliabilitas data dikirim antara pengirim dan penerima pada tingkat segmen. Lapisan ini menjamin bahwa data yang diterima pada penerima adalah sama dengan data yang dikirimkan oleh pengirim. Pada lapisan ini, terdapat 2 protokol yang sering digunakan, yaitu:

- *User Datagram Protocol (UDP)*, protokol ini tidak menyediakan layanan pemeriksaan data dan bersifat *connectionless*. Seringkali digunakan sebagai protokol *transport* untuk data yang sensitif terhadap *delay* seperti *video conference* maupun untuk aplikasi *database* yang bersifat *query*.
- *Transport Control Protocol (TCP)*, protokol ini menyediakan layanan pemeriksaan data dan bersifat *connection oriented*. *TCP* digunakan untuk pengiriman data yang menuntut keandalan.

Protokol ini memiliki beberapa fungsi penting, yaitu:

- *Flow Control*, pengiriman data yang telah dipecah menjadi paket-paket tersebut harus diatur sedemikian rupa agar pengirim tidak sampai mengirimkan data dengan kecepatan yang melebihi kemampuan penerima dalam menerima data.

- *Error Detection*, data dilengkapi dengan informasi yang dapat digunakan untuk memeriksa apakah data yang dikirimkan bebas dari kesalahan. Bila ditemukan kesalahan, data akan diabaikan dan pengirim akan mengirimkan ulang data tersebut. Hal ini dapat membuat performa jaringan menurun karena menimbulkan *delay*.

4. Application

Lapisan ini merupakan lapisan terakhir dalam arsitektur *TCP/IP* yang berfungsi mendefinisikan aplikasi yang dijalankan pada jaringan. Oleh karena itu terdapat banyak protokol pada lapisan ini sesuai dengan banyaknya aplikasi yang dapat dijalankan.

Motor^[2]

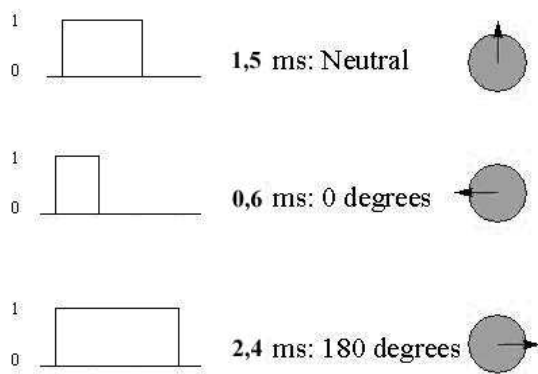
Jenis motor yang digunakan adalah motor *servo* dan motor *DC*. Perbedaan karakteristik keduanya adalah motor *servo* merupakan jenis motor yang dapat diatur posisi *angular* porosnya, sedangkan motor *DC* adalah jenis motor yang dapat diatur kecepatan putarnya.

Motor *servo* memiliki *output* berupa poros *angular*. Posisi *angular* dari poros ini dapat diatur dengan mengirimkan pulsa dengan lebar tertentu ke jalur *input* pulsa motor *servo*. Bentuk fisik motor *servo* disajikan pada Gambar 4.



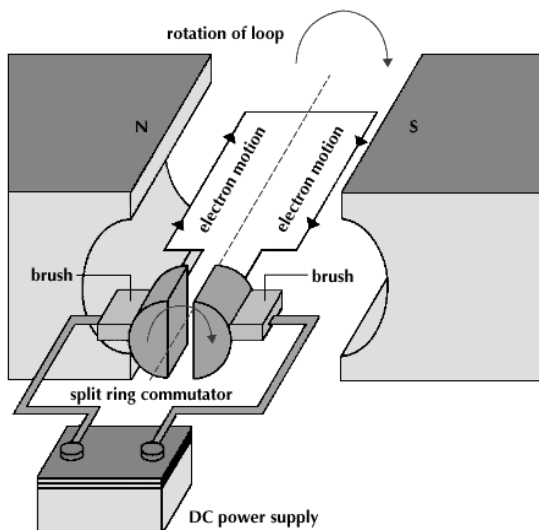
Gambar 4. Bentuk Fisik Motor Servo

Dengan memberikan lebar *duty-cycle* yang berbeda pada jalur *input* motor *servo*, diperoleh posisi *angular* poros yang berbeda pula. Menurut spesifikasi, lebar *duty-cycle* yang diizinkan adalah sebesar 0,6 ms sampai dengan 2,4 ms dengan total periode pulsa sebesar 30 ms. *Duty-cycle* dan posisi *angular* poros disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Duty-cycle dan Posisi Angular poros

Motor *DC* adalah motor yang dirancang untuk bekerja dengan tegangan *DC* dan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Operasi yang terjadi pada motor *DC* didasari oleh konsep elektromagnetik. Prinsip kerja motor *DC* disajikan pada Gambar 6.

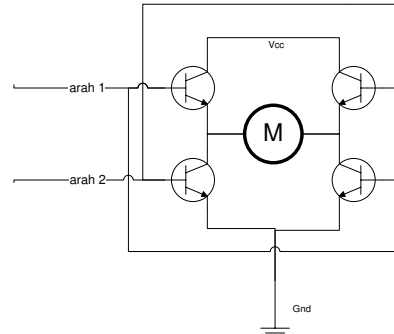


Gambar 6. Prinsip Kerja Motor *DC*

Prinsip kerja dari motor *DC* berdasarkan Gambar 6 di atas, yaitu ketika motor diberi tegangan *DC*, maka arus akan mengalir melalui *brush* menuju komutator dan rotor pada motor yang kemudian akan membangkitkan medan magnet yang kuat pada kumparan. Medan magnet yang timbul pada rotor menyebabkan rotor berputar, karena adanya gaya tolak-menolak untuk kutub yang sejenis dan gaya tarik-menarik untuk kutub yang tidak sejenis. Komutator bekerja secara terus-menerus untuk mengubah polaritas rotor dari kutub utara ke kutub selatan.

H-bridge^[3]

H-bridge adalah suatu model rangkaian elektronika yang memungkinkan mengalirkan arus dari 2 arah yang berlawanan secara bergantian. Komponen pokok suatu *H-bridge* terdiri atas 4 buah saklar berupa komponen *solid state* ataupun *relay* mekanik.



Gambar 7. Skematik *H-bridge*

Cara kerja *H-bridge* adalah dengan menyalakan 2 saklar dengan posisi diagonal dan mematikan 2 saklar yang lain. Maka arus akan mengalir dari *Vcc* ke *Gnd* melalui beban dalam satu arah. Jika 2 saklar tersebut dimatikan dan 2 saklar yang lain dihidupkan, maka arus akan mengalir ke arah yang berlawanan.

Kontroler Playstation

Kontroler Playstation dengan konfigurasi *Dual Shock Analog Controller* merupakan *controller console game* pertama buatan Sony yang menggunakan kontroler analog disamping digunakannya kontroler keypad digital sebagai *human interface*-nya. Disebut kontroler analog karena telah terintegrasinya 4 buah potensiometer sebagai *joystick*. 2 buah potensiometer membentuk satu *joystick* dan masing-masing untuk memberikan nilai sumbu vertikal dan horizontal. Konfigurasi potensiometer *joystick* disajikan pada Gambar 7.

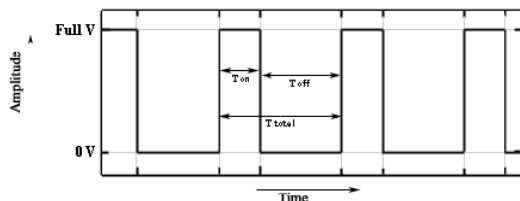


Gambar 8. Konfigurasi Potensiometer *Joystick*

Data akan diterima oleh software Delphi sebanyak 9-bit. Tiap bit akan mengandung suatu informasi mengenai tombol apa yang ditekan. Ketika Delphi akan memulai komunikasi dengan kontroler, Delphi akan mengirimkan data pada 0x01 pada bit pertama melalui jalur *COMM*. Pada bit kedua jalur *COMM*, Delphi akan mengirim 0x42 yang berarti *request for data*. Pada saat yang bersamaan, kontroler akan mengirim nomor model dirinya kepada Delphi melalui jalur *DATA* 0x41 untuk kontroler tanpa analog *joystick*, 0x23 untuk kontroler model *steer* dan 0x73 untuk kontroler dengan konfigurasi *Dual Shock Analog Controller*. Kemudian kontroler akan mengirim 0x5A sebagai bit penanda pengiriman data. Bit selanjutnya adalah data kontroler.

Pulse Widht Modulation (PWM)^[4, 5]

Dalam suatu kondisi suplai dengan tegangan konstan, terkadang diperlukan pengaturan tegangan sumber yang konstan untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan keluaran fisik yang berbeda pula. Contohnya untuk mendapatkan kecepatan putaran motor atau tingkat keterangan lampu pijar. Untuk keperluan tersebut, dibutuhkan sebuah teknik yang disebut dengan *Pulse Width Modulation (PWM)*. *PWM* adalah sebuah metode memanipulasi lebar sinyal atau tegangan yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode. Sinyal *PWM* disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Sinyal PWM

Terlihat pada Gambar 9, bahwa sinyal *PWM* adalah sinyal digital yang amplitudonya tetap, namun lebar pulsa yang aktif (*duty cycle*) per periodenya dapat diubah-ubah. Di mana periodenya adalah waktu pulsa *high* (*Ton*) ditambah waktu pulsa *low* (*Toff*). Persentase *duty cycle* dalam satu lebar pulsa dapat dihitung dengan persamaan:

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on} + T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad (1)$$

sehingga:

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (3)$$

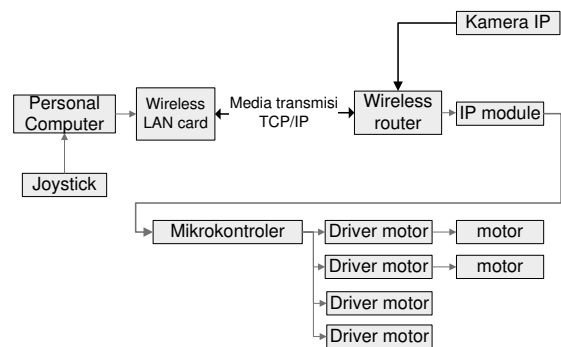
atau

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

Perancangan Sistem

Pada dasarnya, perancangan Telerobot berbasis media transmisi *TCP/IP* terbagi menjadi 2 bagian, yaitu perancangan pada bagian sisi jauh dan bagian pengendali. Bagian sisi jauh diwujudkan dalam bentuk robot dan pada bagian pengendali diwujudkan dalam bentuk *PC (Personal Computer)* yang dilengkapi dengan *wireless network card*. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 10 sebagai berikut:

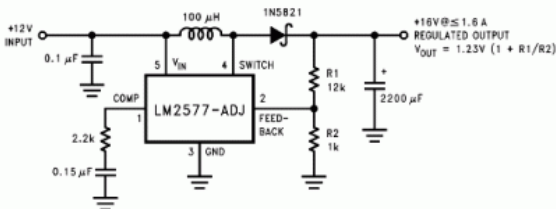


Gambar10. Diagram Blok Sistem Telerobot

Perancangan Robot

Terdapat 2 jenis baterai pada robot. Yaitu baterai jenis *Ni-Mh* bertegangan 1,2 Volt 2700 mAh yang diseri 6 kali sehingga menghasilkan 7,2 Volt 2700 mAh. Tegangan tersebut diregulasi menjadi 5 Volt untuk memenuhi kebutuhan tegangan sistem sebuah baterai jenis *Lead-Acid* bertegangan 12 Volt 1200mAh diregulasi menjadi 16 volt untuk mencatu motor DC penggerak utama robot,

Regulator *step-up (voltage booster)* berfungsi menghasilkan tegangan *output* lebih tinggi daripada tegangan *input*. *Voltage booster* berbasis LM2577 menggunakan metode *switching* untuk meregulasi tegangan. Rangkaian *DC Voltage Booster* disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian DC Voltage Booster

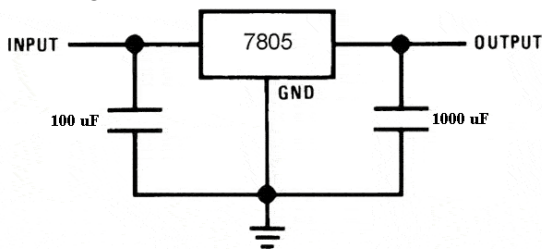
Tegangan *output* dapat diperoleh dengan melakukan *adjustment* pada nilai $R1$ dan $R2$. Persamaan untuk *adjustment* tersebut dapat disajikan sebagai berikut:

$$V_{out} = 1,23 \text{ V} (1 + R1/R2) \quad (5)$$

Dengan mengeset nilai $R1$ sebesar 12 K Ω , maka nilai $R1$ dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 16 \text{ V} &= 1,23 \text{ V} (1 + 12.000/R2) \\ &= 1,23 \text{ V} + (14.760/R2) \\ 16 \text{ V} - 1,23 \text{ V} &= 14.760/R2 \\ 14,77 \text{ V} &= 14.760/R2 \\ R2 &= 14.760/14,77 \text{ V} \\ &= 999,32 \Omega \end{aligned}$$

Step-down voltage regulator menggunakan IC 7805. Rangkaiannya disajikan pada Gambar 12 sebagai berikut:



Gambar 12. Step-down voltage regulator

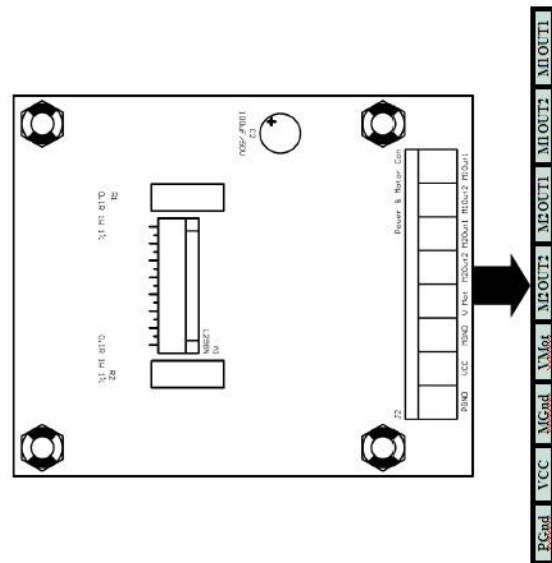
Input tegangan sebesar 7,2 V diregulasi menjadi sebesar 5 V. Tegangan 5 V digunakan oleh sebagian besar perangkat elektronik robot.

Embedded Module Series (EMS) 2 A Dual H-bridge^[3]

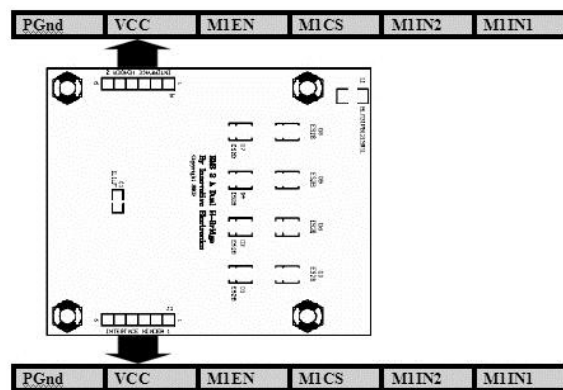
Embedded Module Series (EMS) 2 A Dual H-Bridge merupakan modul H-Bridge yang didesain untuk menggerakkan 2 buah beban dengan arus kontinyu sampai dengan 2 A pada tegangan 4,8 sampai 46 Volt dengan berbasis IC L298. IC L298 adalah dual *solid state H-bridge* dalam satu IC yang tersedia dalam 2 macam kemasan, yaitu multiwatt 15 dan *power SO20*. IC L298 menerima *input* dalam level tegangan TTL dan biasa digunakan untuk menggerakkan beban induktif seperti relay, solenoid, dan motor listrik. Sebuah *input enable* untuk masing-masing *H-bridge*

berfungsi menyalakan atau mematikan masing-masing *H-bridge*.

Input pada modul ini kompatibel dengan level tegangan TTL maupun *CMOS*. Tiap *H-Bridge* dilengkapi dengan sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. Modul ini mampu menggerakkan beban-beban induktif seperti misalnya: *relay*, solenoid, motor *DC*, motor *stepper*, dan berbagai macam beban lainnya. Modul ini memiliki jalur catu daya *input* (V_{CC}) terpisah dari jalur catu daya untuk beban (V_{Mot}) dan dilengkapi dengan diode eksternal untuk pengaman beban induktif. Tata letak komponen pada *board* dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14 di bawah ini.

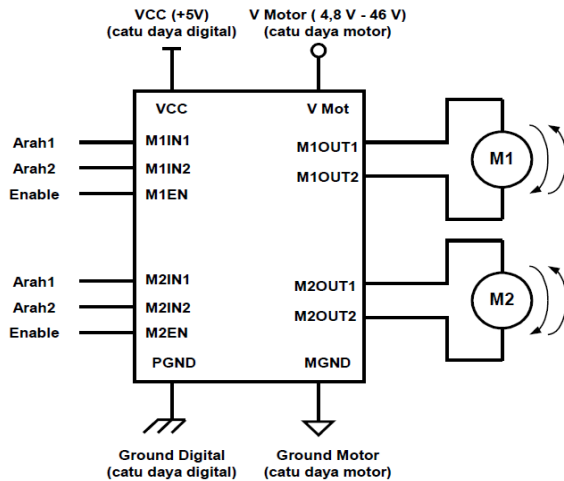


Gambar 13. EMS Dual H-Bridge Tampak Dari Atas



Gambar 14. EMS Dual H-Bridge Tampak Dari Bawah

Modul *H-Bridge* memiliki 2 buah *header* (*Interface Header 1* dan *Interface Header 2*) dan 1 set konektor (*Power & Motor Con*). Koneksi modul *H-bridge* untuk 2 buah motor penggerak utama dapat dilihat pada Gambar 15 sebagai berikut:



Gambar 15. Koneksi H-bridge Untuk 2 Motor

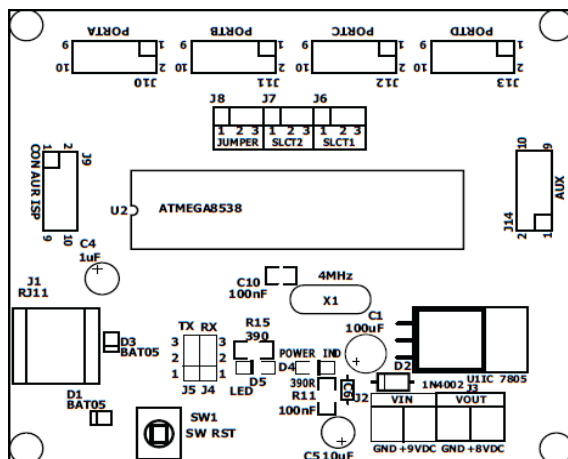
DT AVR Low Cost Micro System^[6]

DT AVR low cost micro system merupakan suatu modul *single chip* yang berbasis mikrokontroler AVR 40-pin dalam kemasan DIP. DT AVR low cost micro system memiliki kemampuan melakukan komunikasi data serial UART RS-232 serta pemrograman memori secara In-System Programming (ISP).

Spesifikasi modul adalah sebagai berikut:

- Mendukung varian AVR 40-pin seperti ATmega8535, ATmega8515, AT90S8515, AT90S8535 dan lain-lainnya. Untuk chip ACR tanpa fitur ADC, dibutuhkan *conversion socket*;
- Jalur Input/Output hingga 35-pin;
- Memiliki rangkaian Brown Out Detector sebagai rangkaian reset;
- Jalur komunikasi serial UART RS-232 dengan konektor RJ-11;
- Port pemrograman ISP;
- Tegangan input suplai 9-12 Volt dan 5 Volt regulated output;
- Frekuensi osilator 4 MHz.

DT low cost micro system AVR disajikan pada Gambar 16 sebagai berikut:



Gambar 16. DT low cost micro system AVR

Alokasi pin pada port A sampai dengan port D dapat dilihat pada Gambar 17 berikut.

Alokasi Pin J10	Alokasi Pin J11
PA.7 ← PA.6	PB.7 ← PB.6
PA.5 ← PA.4	PB.5 ← PB.4
PA.3 ← PA.2	PB.3 ← PB.2
PA.1 ← PA.0	PB.1 ← PB.0
VCC ← GND	VCC ← GND
Port A	Port B
Alokasi Pin J12	Alokasi Pin J13
PC.7 ← PC.6	PD.7 ← PD.6
PC.5 ← PC.4	PD.5 ← PD.4
PC.3 ← PC.2	PD.3 ← PD.2
PC.1 ← PC.0	*PD.1 ← PD.0*
VCC ← GND	VCC ← GND
Port C	Port D

Gambar 17. Alokasi Pin Pada Port A Sampai Dengan Port D

Wireless Router dan Kamera IP

Wireless Router yang digunakan adalah Belkin 802.11g Wireless Router sebagaimana disajikan pada Gambar 18 berikut:



Gambar 18. Belkin Wireless Router

Terdapat 4 jalur kabel yang dapat digunakan untuk jaringan *wired*. Modul TCP/IP WIZ110SR dan kamera IP menggunakan jalur ini untuk koneksi ke jaringan. Wireless Router, modul TCP/IP WIZ110SR dan kamera IP berada dalam satu kelas IP dengan alamat IP 192.168.1.xx.

Kamera IP yang digunakan adalah TP-Link TL-SC3130 dengan kemampuan mengirimkan gambar dalam format MPEG-4 dengan resolusi maksimum sebesar 640x480 piksel. Kamera IP ini dapat diakses dengan menggunakan web browser. Kamera IP disajikan pada Gambar 19 berikut.



Gambar 19. Kamera IP

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada robot menggunakan bahasa C dengan *software* CodeVision AVR. Sedangkan perancangan perangkat lunak pada pengendali menggunakan *software* Delphi.

Penggunaan Timer 1 sebagai PWM

Pada mikrokontroler jenis ATmega 8535, terdapat 3 buah *timer/counter*. Salah satunya adalah *timer/counter* 1 yang dapat digunakan sebagai *PWM output generator*. *Timer/counter* 1 memiliki resolusi 16-bit dan dapat digunakan sebagai 2 kanal *PWM output generator* dengan resolusi masing-masing hingga 768 *step*. Dengan menggunakan perangkat lunak CodeVision AVR, *timer/counter* ini dapat diset menggunakan fitur CodeWizard AVR. Secara *default*, masing-masing kanal mengalokasikan port D.4 dan D.5 sebagai keluarannya. Dengan menggunakan frekuensi *timer* sebesar 62.500 kHz (*prescaler* 1/64), dan *PWM step* sebanyak 512 *step*, maka diperoleh periode dan frekuensi *PWM* sebesar,

- $periode = \frac{1}{62500000} s \times 512 = 8,192ms$
- $frekuensi = \frac{1}{8,192ms} = 62,5Hz$

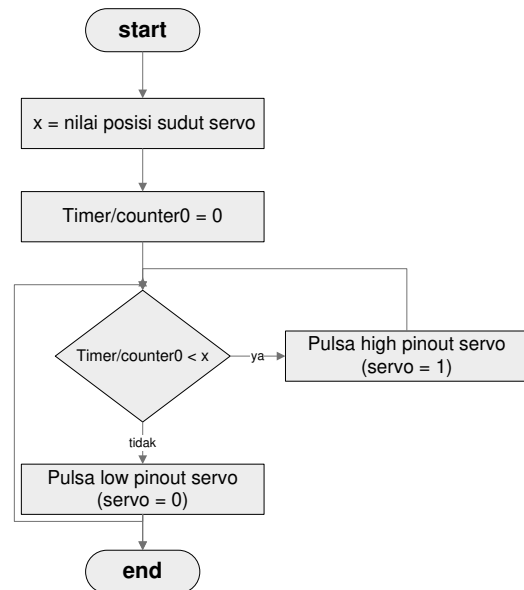
Penggunaan Timer 0 Sebagai Pembangkit Pulsa Pengendali Servo

Timer/counter 0 memiliki resolusi 8-bit. Dengan menggunakan frekuensi 62.500 kHz, maka nilai *timer overflow* maksimum yang didapat adalah sebesar,

$$\frac{1}{62.500.000} \times 256 = 4,096ms$$

Nilai tersebut cukup untuk membentuk pulsa pengontrol *servo* yang maksimum sebesar 2,4 ms. Diagram alir potongan program penggunaan *timer/counter0* sebagai pembangkit

pulsa pengendali *servo* disajikan pada Gambar 20 sebagai berikut:



Gambar 20. Diagram Alir Pulsa Pengendali servo

x adalah nilai yang didapat dari *input capture value* kontroler *playstation*, sehingga nilai x akan mempengaruhi posisi sudut *servo*.

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dan pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat. Secara umum pengukuran dan pengujian yang dilakukan meliputi:

- Masukan dan keluaran *Voltage Booster*;
- Masukan dan keluaran *Voltage regulator* 5 Volt;
- Pengukuran dan Pengujian *PWM*;
- Sinyal Wifi.

Alat yang digunakan untuk pengukuran dan pengujian ini antara lain,

1. Multimeter digital;
2. Tachometer analog;
3. Perangkat lunak *net-stumbler* under Windows XP;
4. *Stopwatch*.

Masukan dan keluaran Voltage Booster

Rangkaian *voltage booster* mendapat masukan dari baterai 12 Volt *Lead Acid*. Keluarannya, setelah melewati rangkaian *Voltage Booster* digunakan untuk menyuplai beban motor *DC* penggerak utama robot. Rangkaian ini menaikkan tegangan dari 12 menjadi 14 Volt. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan masukan dan keluaran rangkaian dengan kondisi baterai terisi penuh. Pengukuran terhadap tegangan masukan dan

keluaran dilakukan setiap 3 menit dalam kondisi rangkaian menyuplai beban terus-menerus. Hubungan antara waktu terhadap masukan dan keluaran *Voltage Booster* disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Masukan dan keluaran *Voltage Booster*

Menit	Voltage Booster			
	Masukan (<i>Input</i>)		Keluaran (<i>Output</i>)	
0	13,93	Volt	15,63	Volt
3	11,70	Volt	15,91	Volt
6	11,69	Volt	15,72	Volt
9	11,65	Volt	15,71	Volt
12	11,59	Volt	15,71	Volt
15	11,47	Volt	15,71	Volt
18	11,43	Volt	15,71	Volt
21	11,31	Volt	15,72	Volt
24	11,20	Volt	15,74	Volt
27	10,80	Volt	15,73	Volt
30	10,72	Volt	15,72	Volt
33	7,82	Volt	11,19	Volt
36	4,02	Volt	6,41	Volt

Dari Tabel 2 di atas, dapat dilihat bahwa untuk tegangan masukan yang stabil, *Voltage booster* akan memberikan tegangan yang stabil meskipun terjadi *drop* tegangan walaupun telah diberikan kapasitor kopling. Pada sekitar menit ke 33, terjadi penurunan tegangan *input* yang berakibat turunnya tegangan masukan yang cukup berarti. Ini akan berakibat pada penurunan putaran motor utama yang menyebabkan laju robot menjadi melambat.

Masukan dan Keluaran *voltage regulator 5 Volt*

Voltage regulator 5 Volt berupa IC 7805 mendapat masukan dari baterai 7,2 volt. Tegangan sebesar 5 Volt ini menyuplai seluruh kebutuhan tegangan robot kecuali motor DC penggerak utama. Pengujian akan dilakukan dengan mengukur tegangan masukan dan keluaran rangkaian dengan kondisi baterai terisi penuh. Pengukuran terhadap tegangan masukan dan keluaran dilakukan setiap 3 menit dalam kondisi rangkaian menyuplai beban terus-menerus. Hubungan antara waktu terhadap *input* dan *output* voltase regulator disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Input dan Output *Voltage Regulator*

Menit	Regulator 5 Volt			
	Masukan (<i>Input</i>)		Keluaran (<i>Output</i>)	
0	7.87	Volt	4.98	Volt
3	7.62	Volt	4.95	Volt
6	7,47	Volt	4,97	Volt
9	7,50	Volt	4,95	Volt
12	7,44	Volt	4,97	Volt
15	7,50	Volt	4,95	Volt
18	7,41	Volt	4,96	Volt
21	7,50	Volt	4,95	Volt
24	7,49	Volt	4,95	Volt
27	7,50	Volt	4,95	Volt
30	7,48	Volt	4,95	Volt
33	7,48	Volt	4,98	Volt
36	7,37	Volt	4,98	Volt

Dari Tabel 3 di atas, terlihat bahwa *voltage regulator* dapat memberikan *output* yang stabil. Rangkaian dapat bekerja dengan baik meski pengujian telah melewati menit ke 36.

Pengukuran dan pengujian PWM

Pengontrolan kecepatan motor DC penggerak utama robot menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*), yaitu suatu cara pengontrolan tegangan keluaran dengan memanipulasi lebar pulsa. Sesuai perhitungan, frekuensi PWM yang digunakan adalah sebesar 62,5 Hz dengan PWM *step* sebesar 512 *step*. Pengujian akan dilakukan dengan mengukur putaran motor yang dihasilkan tiap kenaikan 32 *step* (6,25%) dengan kondisi baterai penuh. Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai PWM yang bervariasi dan mengukur kecepatan putar motor utama. Variasi nilai PWM digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor utama.

Tabel 4. Pengukuran dan Pengujian PWM

PWM <i>step</i>	Kecepatan Putar Motor			
	Motor Kiri		Motor Kanan	
32	0	RPM	0	RPM
64	0	RPM	0	RPM
96	5	RPM	5	RPM
128	10	RPM	10	RPM
160	70	RPM	90	RPM
192	140	RPM	160	RPM
224	150	RPM	180	RPM
256	180	RPM	210	RPM
288	200	RPM	240	RPM
320	210	RPM	260	RPM
352	220	RPM	290	RPM
384	250	RPM	310	RPM
416	260	RPM	310	RPM
448	260	RPM	310	RPM
480	290	RPM	310	RPM
512	290	RPM	320	RPM

Dari Tabel 4 di atas, dapat dilihat bahwa putaran motor tidak linier dengan lebar pulsa *PWM*. Lebar pulsa sebesar 50% belum tentu menghasilkan putaran motor sebesar 50%.

Sinyal Wifi

Dengan menggunakan perangkat lunak *net-stumbler*, dapat diketahui kuat sinyal wifi yang diterima oleh *Wifi card* pada *PC*. Kuat sinyal dinyatakan dalam *dB*. Pengujian dan pengukuran akan dilakukan dalam kondisi *Line of Sight (LOS)* antara robot dan pengendali *PC*. Hasil pengujian sinyal Wifi disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut. Dari hasil pengujian di atas, dapat dilihat terjadi penurunan sinyal karena *Free Path Loss*, yaitu hilangnya daya sinyal di ruang tanpa penghalang. Penurunan sinyal akan berakibat pada penurunan kualitas video yang diterima oleh pengendali lokal. Pada saat pengujian, pengendali lokal masih dapat menerima data video dengan baik pada kekuatan sinyal 23 dB.

Tabel 5. Pengujian Sinyal Wifi

Jarak		Sinyal yang diterima	
10	meter	60	dB
20	meter	59	dB
50	meter	44	dB
100	meter	30	dB
150	meter	23	dB

Dari hasil pengujian di atas, dapat dilihat terjadi penurunan sinyal karena *Free Path Loss*, yaitu hilangnya daya sinyal di ruang tanpa penghalang. Penurunan sinyal akan berakibat pada penurunan kualitas video yang diterima oleh pengendali lokal. Pada saat pengujian,

pengendali lokal masih dapat menerima data video dengan baik pada kekuatan sinyal 23 dB.

Konsumsi Daya masing-masing perangkat

Pengujian konsumsi daya untuk perangkat elektronik di robot dibagi menjadi 2. Perangkat yang disuplai oleh *voltage booster* 16 volt dan *voltage regulator* 5 volt. Pengujian menunjukkan daya yang terpakai oleh masing-masing perangkat. Dari spesifikasi baterai, motor penggerak utama menghabiskan daya lebih besar daripada spesifikasi. Spesifikasi baterai adalah sebesar $1,2 \times 12 = 14,4$ watt. Sedangkan 2 motor penggerak utama membutuhkan daya total sebesar 29,08 watt dengan kondisi terbebani. Nilai tersebut adalah 2 kali lipat lebih besar daripada spesifikasi baterai. Secara perhitungan, baterai hanya dapat menyuplai motor penggerak utama selama $14,4 / 29,08 \text{ watt} = 0,49$ jam atau selama ± 30 menit. Dari tabel pengukuran dan pengujian *voltage booster* sebagaimana disajikan pada Tabel 6 dapat ditunjukkan bahwa baterai hanya dapat menyuplai motor selama kurang lebih setengah jam. Hal tersebut cukup merepresentasikan daya tahan baterai terhadap beban.

Pengujian daya beban pada *voltage regulator* 5 volt menunjukkan spesifikasi daya baterai sebesar 19,44 Watt masih memenuhi kebutuhan daya total perangkat sebesar 8,54 Watt. Secara perhitungan, baterai dapat menyuplai perangkat selama $19,44 / 8,54 = 2,28$ jam atau kurang lebih ± 138 menit. Dari Tabel 7 pengujian *voltage regulator* 5 Volt menunjukkan bahwa tegangan masih tetap stabil setelah melewati menit ke 36.

Tabel 6. Konsumsi Daya Beban *Voltage Booster* 16 Volt

Nama Perangkat	Kondisi Kerja	Tegangan		Arus		Daya	
Motor Kanan	Normal	15,72	Volt	0,23	A	3,65	W
	Loaded	15,72	Volt	0,97	A	15,25	W
Motor Kiri	Normal	15,71	Volt	0,20	A	3,14	W
	Loaded	15,72	Volt	0,88	A	13,83	W

Tabel 7. Konsumsi Daya Beban *Voltage Regulator* 5 Volt

Nama Perangkat	Tegangan		Arus		Daya	
DT AVR	4,95	Volt	0,11	A	0,54	W
H-bridge	4,98	Volt	0,08	A	0,38	W
Modul TCP/IP	4,95	Volt	0,23	A	1,14	W
Kamera IP	4,94	Volt	0,37	A	1,83	W
Wireless Router	4,95	Volt	0,73	A	3,61	W
Motor Servo	4,95	Volt	0,21	A	1,04	W

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang meliputi perancangan, pembuatan, pengujian dan pengukuran, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Robot yang dikendalikan secara manual dengan menggunakan kontroler *playstation* sebagai *human interface* dapat berfungsi dengan baik sebagai perpanjangan tangan manusia dengan menggunakan media transmisi *TCP/IP*;
- Sistem catu daya pada robot dapat menjamin suplai daya pada robot selama kurang lebih 30 menit;
- Putaran motor tidak berbanding lurus dengan pulsa *PWM*. Artinya, pulsa *PWM* sebesar 50% belum tentu menghasilkan putaran motor sebesar 50%;
- Media transmisi *TCP/IP* dapat dipakai sebagai media pengiriman data kontrol maupun telemetri. Penggunaan teknologi *wireless* menuntut analisis lapangan menurut karakteristik gelombang radio.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Telkomspeedy, *Pengenalan Praktis Wireless Networking*, <http://opensource.telkomspeedy.com:5432/furusato/files/wndw-id-ebook.pdf>, Diakses 22 April 2010
- [2] Anonim, *Motor Elektrik* [http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/indo/Chapter - Electric motors \(Bahasa Indonesia\).pdf](http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/indo/Chapter - Electric motors (Bahasa Indonesia).pdf), Diakses 4 Juni 2010
- [3] Innovative Electronics, *EMS H-bridge Manual E-Book*, http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/EMS_2A_DHBridge.pdf, Diakses 24 Maret 2010
- [4] Mazidi, M.A. dan Kawan-kawan, *The 8051 Microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C.*, Pearson Education, New Jersey, 2006.
- [5] Anonim, *AVR Atmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*, Penerbit Informatika, Bandung. 2008.
- [6] Innovative Electronics, *DT AVR low cost micro sistem*, http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual DT-AVR Low Cost Micro System.pdf, Diakses 2 Mei 2010